BRAUCHBARKEIT DES DIAGNOSTIK-DOSISZÄHLERS ZUR ABSCHÄTZUNG DER GONADENDOSIS BEI GEBURTSHILFLICH-GYNÄKOLOGISCHEN RONTGENUNTERSUCHUNGEN

DIETER DAUSCH

1967

1967 № 66

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535718_0053

Aus der Röntgen - Abteilung (Chefarzt: Dr. med. A. Siegert)
des Städt. Krankenhauses Amberg.

Brauchbarkeit des Diagnostik-Dosiszählers zur Abschätzung der Gonadendosis bei geburtshilflich-gynäkologischen Röntgenuntersuchungen.

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

zu

Erlangen - Nürnberg

Vorgelegt von
Dieter Dausch
aus Hirschau

Dekan: Prof. Dr.K.G. Ober

Referent: Prof. Dr.J. Weishaar

Korreferent: Prof. Dr.K.G. Ober

Tag der mündlichen Prüfung: 4.März 1967

UNIV. LEIDEN BIBL.

Disposition:

1.) Bedeutung der ionisierenden Strahlen für die Medizin (S.1)

2.) Gefahren, die mit der Verwendung ionisierender Strahlen verbunden sind (S. 1)

3.) Dosismessung im kleinen Becken bei geburtshilflich-gynäkologischen Untersuchungen mit Kondiometerkammern (S. 4)

4.) Dosismessung mit Diagnostik-Dosiszähler (S.5)

5.) Flächeneinfalldosis (S. 6)

6.) Statistische Berechnung des Zusammenhangs zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im kleinen Becken in mR gemessenen Dosis (S. 7)

7.) Diskussion (S. 11)

8.) Zusammenfassung (S. 13)

9.) Anhang mit Tabellen und Diagrammen

1. Bedeutung der ionisierenden Strahlen für die Medizin

Die ionisierenden Strahlen gewinnen heute immer mehr an Bedeutung. Sie finden in zunehmendem Maße Verwendung in der Technik, in der Grundlagenforschung und nicht zuletzt auch in der naturwissenschaftlich ausgerichteten und orientierten Medizin. Gerade aus diesem Zweig der menschlichen Betätigung und Forschung sind die ionisierenden Strahlen nicht mehr wegzudenken.

Schon bald nach Bekanntwerden der Röntgen'schen Entdeckung wurde man auf den Wert und die Bedeutung dieser Strahlung für therapeutische und diagnostische Zwecke aufmerksam. Zunächst beschränkten sich die therapeutischen Versuche im wesentlichen auf die Behandlung von Erkrankungen der Körperoberfläche, aber schon bald eröffneten sich mit dem Fortschreiten der technischen Vervollkommnung der Röntgenapparate und Geräte ganz neue Perspektiven für die Therapie und schließlich auch für die Diagnostik.

2. Gefahren, die mit der Verwendung ionisierender Strahlung verbunden sind

Bei allen Vorteilen und dem Nutzen der Röntgen-Strahlen gehen mit ihrer zunehmenden Verwendung in der Diagnostik Hand in Hand die Probleme der Strahlenbelastung und des Strahlenschutzes.

In 1. Linie sind der Arzt und das medizinisch-technische Personal gefährdet, die den Strahlen ausgesetzt sind. In früheren Zeiten, besonders in der Aera, als es die heute bestehenden Schutzvorschriften und Schutzvorrichtungen noch nicht generell gab, konnte man bei röntgenologisch tätigen Ärzten nicht so selten ausgedehnte Röntgen-Schäden beobachten. Diese erlebt man heute kaum mehr, da die modernen Röntgen-Anlagen auf Grund der ständig fortschreitenden Erkenntnisse auf dem Gebiet der Strahlenphysik und Strahlenbiologie mit immer besseren und wirkunsvolleren Schutzvorrichtungen ausgestattet werden.

Zudem zwingen auch gesetzliche Vorschriften die Hersteller - firmen, nur Geräte und Vorrichtungen auf den Markt zu bringen, bei denen im ganzen Aufbau stets auch die neuesten Erkenntnisse auf dem Gebiet des Strahlenschutzes für Arzt und Patient gebührend berücksichtigt sind.

Aber nicht nur der Arzt und das Röntgen-Personal können auch heute noch bei nicht genügender Beachtung der Schutzmaßnahmen gefährdet werden. Der Patient ist dieser Gefahr ebenso ausgesetzt und das um so eher, als der Arzt mit zunehmender Vervollkommnung der apparativen Schutzmaßnahmen vielleicht weniger daran denkt, daß mit jeder Röntgenuntersuchung zwangsläufig eine Strahlenbelastung des Patienten verknüpft ist. Diese Belastung ist aber bei lege artis vorgenommenen Filmaufnahmen vernachlässigbar minimal, kann aber zum Beispiel bei Durchleuchtungen u.U. bedenklich hohe Werte erreichen.

Somatische Schädigungen, die sich zum Beispiel an der Haut in Form von Pigmentverschiebungen und Atrophien der Lederhaut und im schlimmsten Falle in Form von Geschwürs- und Krebsbildungen manifestieren, dürften bei der heutigen röntgendiagnostischen Technik und den Schutzmaßnahmen wohl kaum mehr auftreten.

Aber neben augenscheinlichen somatischen Schädigungen dürfen auf keinen Fall andere wie solche am haemopoetischen System, insbesondere am Knochenmark und insbesondere Schäden an den Gonaden bzw. Genen außer Acht gelassen werden. Eine der ersten strahlengenetischen Beobachtungen war der Befund von B a r d e e n, daß sich aus unbestrahlten Eiern von Kröten nach der Befruchtung mit bestrahlten Spermatozoen abnorme Lebewesen entwickelten. Dominante sichtbare Mutationen waren entstanden. Bei Säugetieren wurde die Auslösung dominanter Letalfaktoren durch Strahlen ein Jahr später bereits von R e g a u d und D e b r e u i l beobachtet und so mehrten sich die Anzeichen, daß die Erbmasse durch energiereiche Strahlung geändert und geschädigt werden könne. Nach S c h i n z l (Vortrag der Med. Gesellschaft Erlangen 1965) und Fritz - N i g g l i ist das offizielle Geburtsjahr der quanitativen Strahlengenetik 1927, als M u l l e r mit der sogenannten CLB-Methode strahleninduzierte Erbänderungen bei Drosophila objektiv feststellen und zählen konnte. Diese mutagene Wirkung energiereicher

Strahlung wurde an anderen Objekten mit verschiedener Versuchsanordnung hundertfach bestätigt und bis jetzt ist noch kein Lebewesen gefunden worden, dessen Erbmasse sich nicht hätte durch Strahlen beeinflussen lassen. Dies ist auch leicht zu verstehen, wenn man bedenkt, daß die Energie der ionisierenden Strahlen in der Materie subtile Veränderungen im molekularen und atomaren Bereich auslöst, wobei es dann durch die Einwirkung energiereicher Strahlung auf die Keimzellen zu Chromosomenveränderungen kommt.

Um die genetische Strahlengefährdung auch quantitativ in etwa abschätzen zu können, bedient man sich des Begriffes der sogenannten Verdoppelungsdosis. Dabei wird unter Verdoppelungsdosis diejenige Strahlenmenge verstanden, welche die gleiche Anzahl Mutationen erzeugt, wie sie in natürlicher Weise entstehen ohne zusätzliche Strahleneinwirkung. Die Mutationsrate und erst recht eine genetische Verdoppelungsdosis kann beim Menschen selbstverständlich nur annäherungsweise angegeben werden. Die untersten Werte liegen nach R u s s e l l und R u s s e l l etwa bei 15 rad. Nach anderen Autoren, z.B. F r i t z - N i g g l i , schwanken die Werte zwischen 7 - 8o rad.

Nun ist die Menscheit aber schon von jeher einer dauernden natürlichen Strahlung, der Höhenstrahlung und der Umgebungsstrahlung, die aus der Erde kommt, ausgesetzt. Dazu kommt heute noch die künstliche, vom Menschen selbst ausgelöste Strahlenbelastung, in deren Rahmen auch die zunehmende medizinische Strahlungsexposition eine immer größere Rolle spielt. In Anbetracht dieser Tatsachen ist zu bedenken, daß ja nicht nur der einzelne selbst in seinem Keimgut geschädigt wird, sondern auch die Nachkommenschaft Erbgutschädigungen davon tragen kann.

In diesem Zusammenhang ist an die Möglichkeit einer Keim- und Genschädigung auch bei röntgendiagnostischen Untersuchungen zu denken, vor allem dann, wenn die Gonaden im direkten Strahlengang liegen. Hier kommen in erster Linie in Frage die Untersuchungen im Bereich des weiblichen Beckens und Abdomens, die zum Teil notwendigerweise zu einer Mitbestrahlung der Ovarien führen. So lassen sich z.B. bei einer Salpingographie die Ovarien nicht abdecken, auch nicht immer bei Kreuzbein- und Becken-

aufnahmen, sowie bei Schwangerschafts- und Ureter-Blasenaufnahmen, denn diese Untersuchungen werden zum Teil durchgeführt, um die Verhältnisse im kleinen Becken zu klären, so daß dieses zum Schutz der Gonaden nicht mit Blei abgedeckt werden kann.

3. Dosismessung im kleinen Becken bei geburtshilflich-gynäkologischen Untersuchungen mit Kondiometerkammern.

Da die Generationsorgane der Frau bei den obengenannten Eingriffen besonders gefährdet sein können, ist es von Wichtigkeit, zu untersuchen, welches Ausmaß deren Belastung annehmen kann und welche eventuellen Beziehungen zwischen Flächeneinfalldosis in Röntgen mal cm^2 (R x cm^2) und der in den Ovarien absorbierten Dosis in Milliröntgen (mR) bestehen. Sollte eine Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis und der absorbierten Dosis bestehen, so hätte man damit eine einfache Methode, bei jedem röntgendiagnostischen Eingriff im Bereich des weiblichen Beckens und des Unterleibes sofort mit hinreichender Genauigkeit die dabei verabfolgte Gonadendosis abzuschätzen, ohne erst im Einzelfall am Ort der Gonaden messen zu müssen.

Um nun die Beziehung zwischen Flächeneinfalldosis und der an den Ovarien bzw. in deren Umgebung verabfolgten Dosis bei den oben erwähnten Aufnahmen und Eingriffen zu untersuchen, haben wir über längere Zeit im röntgendiagnostischen Routinebetrieb systematisch ohne Vorauswahl des Patientengutes Messungen im Bereich des kleinen weiblichen Beckens durchgeführt und gleichzeitig auch die bei jedem Eingriff benötigte Flächeneinfalldosis registriert.

Zur Messung der Strahlenbelastung der Ovarien benutzten wir die 15 mm Kondensatorzylinderkammern der Firma PTW Freiburg. Die Kammer wurde jeweils kurz vor dem diagnostischen Eingriff aufgeladen und auf die O-Punkteinstellung geprüft, in einen wasserdichten Gummiüberzug eingebunden und ins Rectum eingeführt. Dabei haben wir darauf geachtet, daß sie immer im kleinen Becken etwa in der Nähe der Ovarien zu liegen kam, durchschnittlich eine Zeigefingerlänge - ca 7 - 8 cm - vom Anus entfernt. Nachdem eine oder mehrere Aufnahmen, je nach

Erfordernis, angefertigt waren, wurde die Kammer herausgenommen und die Größe ihrer Entladung festgestellt. Unter rechnerischer Berücksichtigung der Wellenlängen-, Temperatur- und Druckabhängigkeit sowie des von der Firma für jede Kammer angegebenen Kammerfaktors haben sich die in den Tabellen angegebenen Meßwerte ergeben.

Ebenso wurde vorgegangen bei Schwangerschaftsaufnahmen. Auch hierbei haben wir die 15 mm Kondensatorzylinderkammer benutzt und genauso wie bei den übrigen Aufnahmen im Rectum etwa in Höhe der durchschnittlichen Lage der Ovarien gemessen. Wenn auch bei dem hochschwangeren Uterus die Ovarien aus dem kleinen Becken heraus nach oben verlagert sind, so darf man doch annehmen, daß sowohl bei seitlicher, wie auch bei anteriorposteriorer Aufnahme die im Rectum in Höhe der Kreuzbeinhöhle gemessene Dosis der in die Gonaden eingestrahlten Dosis entsprechen wird, da in beiden Fällen Meßkammern und Gonaden im direkten Strahlenkegel liegen und beide annähernd den gleichen Abstand vom Fokus haben. Bei Beckenendlage gibt übrigens die mit der so eingeführten Kammer gemessene Dosis gleichzeitig die Gonadendosis des Kindes wieder.

4. Dosismessung mit Diagnostik-Dosiszähler

Die Flächeneinfalldosis haben wir ebenfalls systematisch bei jedem diagnostischen Eingriff, bei dem in der oben angegebenen Weise mit einer Kondensatorzylinderkammer gemessen wurde, aufgezeichnet. Der Diagnostik-Dosiszähler, mit dem wir dabei arbeiteten, stellt im Prinzip eine große wellenlängenunabhängige Ionisationskammer in Form einer Flachkammer dar. Wir benutzten für unsere Messungen ein in R x cm^2 anzeigendes Diagnostik-Dosimeter der Firma CHF Müller. Der Diagnostik-Dosiszähler bzw. das Diagnostikdosimeter dürfte als bekannt vorausgesetzt werden. Alle heute durchwegs gebräuchlichen Geräte bestehen im Prinzip aus einer flachen Ionisationskammer und einem Anzeigegerät, das durch ein entsprechendes Kabel mit der Kammer verbunden ist. Die Ionisationskammer muß stets größer sein als der

größtmögliche Querschnitt des Nutzstrahlenkegels, damit selbst bei maximaler Aufblendung kein Teil der Direktstrahlung an der Kammer seitlich vorbeigeht und so nicht registriert würde. Da weiter die Meßkammer bei Übertischaufnahmen zwischen Lichtvisier des Blendentubus und dem Patienten bzw. Objekt angeordnet ist, was übrigens bei allen unseren Aufnahmen stets der Fall war, so ist es sehr von Vorteil, wenn die Kammer lichtdurchlässig ist. Dadurch kann das Lichtvisier voll verwendet werden, wodurch dann auf das kleinstmögliche Feld eingeblendet und die Strahlenbelastung des Patienten niedrig gehalten werden kann.

5. Flächeneinfalldosis

Bevor wir nun unsere Meßergebnisse in sogenannten Korrelationstabellen zusammenstellen und untersuchen, ob und in welchem Ausmaß eine korrelative Verbundenheit zwischen der bei den verschiedenen Untersuchungen im Bereich des kleinen Beckens in Milliröntgen (mR) gemessenen bzw. absorbierten Dosis einerseits und der in R x cm^2 registrierten Flächeneinfalldosis andererseits vorliegt,wollen wir kurz noch auf die Definition des Begriffes Flächeneinfalldosis eingehen.

Es handelt sich bei diesem Maß um ein Produkt aus Dosis in Röntgen (R) und Fläche in cm^2. Diese Größe wurde erstmals von P y c h l a u (Ärztliche Forschung 1962, Heft 5, Seite I/247 - II 258) eingeführt und er hat sie, um einer Verwechslung mit dem bereits gebrauchten Begriff Oberflächendosis vorzubeugen, nicht Flächendosis genannt, was vielleicht folgerichtiger gewesen wäre, sondern Flächeneinfalldosis. Definitionsgemäß hat nun die Flächeneinfalldosis als Produkt aus Dosis und Fläche bei gleicher Strahlenintensität, d.h. KV, mA und Filterung an jedem beliebigen Querschnitt im Strahlengang, gleichgültig ob dieser fokusnahe oder fokusfern liegt, praktisch den gleichen Wert, denn die Luftabsorption kann bei diesem Meßverfahren vernachlässigt werden. Die Tatsache ergibt sich übrigens mit zwingender Notwendigkeit aus dem sogenannten Abstands-Quadratgesetz, das für den Intensitätsabfall mit zunehmender Entfernung für alle Strahlenquellen Gültigkeit hat. Die Größe

R x cm^2 kann auch exakt an jedem beliebigen Punkt gemessen werden, es muß dazu die Flächenkammer zu den übrigen Bedingungen nur wellenlängenunabhängig sein. Diese Forderung ist aber leicht zu erfüllen und die Gegebenheit der Wellenlängenunabhängigkeit läßt sich auch sehr einfach kontrollieren.

6. Statistische Berechnung des Zusammenhangs zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im kleinen Becken in mR gemessenen Dosis.

Gerade die von S e i d l mitgeteilten Meßergebnisse und die Tatsache, daß selbst bei diagnostischen Eingriffen, bei denen der Meßort im Körper in der Regel nicht im direkten Strahlenkegel liegt, ein guter stochastischer Zusammenhang zwischen eingestrahlter bzw. zugestrahlter Energie und an einem bestimmten Ort im Körper (Gonaden) in mR gemessenen Dosis besteht, haben uns bewogen, durch systematische Messungen zu klären, ob nicht auch bei röntgendiagnostischen Untersuchungen im Bereich des weiblichen Beckens ähnliche Zusammenhänge zwischen Flächeneinfalldosis und Gonadendosis zutagetreten. Ja, man ist sogar zu der Annahme berechtigt, daß dies um so eher der Fall sein dürfte, als bei allen diesen Untersuchungen die Gonaden durchwegs im direkten Strahlenkegel liegen. Allerdings haben wir bei unseren Untersuchungen die benötigte Energie nicht als Massendosis in rad x kg, wie das S e i d l getan hat, sondern aus vornehmlich praktischen Gründen als Flächeneinfalldosis in R x cm^2 gemessen. Für unsere ganze Fragestellung ist dies aber ohne praktische Bedeutung, wie die weiter unten wiedergegebenen Messungen zeigen und auch andere Untersucher bereits festgestellt haben (Z i e l e r). Der Massendosiszähler, der, durch Schaltmaßnahmen entsprechend modifiziert (R e i n s m a), die zugestrahlte Dosis in rad x kg als Massendosis registriert und sozusagen zugestrahlte Energie mißt, würde nur dann die wirklich im Körper umgesetzte Energie angeben, wenn die von einigen Autoren (F e d d e m a , O o s t e r k a m p , N e b o s c h e w , S c h o t t , R e i n s m a) vertretene Ansicht, daß nämlich die eintretende Energie praktisch vollständig im Körper absorbiert wird, zuträfe. Aber dies gilt nicht einmal in grober Annäherung, wie Z i e l e r in seiner eingehenden, bereits weiter oben erwähnten Arbeit

durch umfangreiche Messungen am Phantom nachgewiesen hat. Er konnte nämlich feststellen, daß vielfach nur ein Bruchteil der zugestrahlten Energie bei Durchleuchtungen bzw. Aufnahmen absorbiert und damit im Körper umgesetzt wird und zur Wirkung kommt. Deshalb bleibt es, wie schon gesagt, für unsere Problemstellung, nämlich Ermittlung der Gonadendosis mit Hilfe eines Diagnostik-Dosiszählers vollständig gleich, ob dieser die zugestrahlte Dosis bzw. Energie als Flächeneinfalldosis oder als Volumendosis anzeigt. Wir benötigen die vom Dosiszähler angegebene Zahl immer nur jeweils als Bezugsgröße, der dann das Mittel aus mehreren gemessenen Gonadendosiswerten zugeordnet werden kann. Es kann also mit dem Diagnostik-Dosiszähler, gleichgültig ob nach rad x kg oder in R x cm^2 gezählt wird, niemals eine Direktmessung der vom Patientenkörper absorbierten und damit biologisch umgesetzten Energie durchgeführt werden. Vielmehr kann bei jedem diagnostischen Eingriff immer nur mit ein und derselben R x cm^2 - Zahl das aus den Gonadendosismessungen errechnete Mittel, selbstverständlich mit der ihm anhaftenden Streubreite, verbunden werden. Der Diagnostik-Dosiszähler ermöglicht es also zunächst nur, die für einen bestimmten röntgendiagnostischen Eingriff benötigte Strahlenmenge zu messen. Doch ist uns mit dieser Meßgröße und diesem Wert bereits sehr viel gedient. Er ist mit der am Ort der Gonaden gemessenen Dosis eng verknüpft. Mit anderen Worten: Es besteht zwischen den beiden Größen, also zwischen Flächeneinfalldosis einerseits und der an einem gewissen Punkt im Körper gemessenen Dosis andererseits, eine Abhängigkeit.

Die Tabellen I - XI lassen diese Tatsache bereits an der Anordnung und Verteilung der Häufigkeitszahlen erkennen. Im Grunde genommen handelt es sich bei diesen Tabellen um sogenannte Korrelationstabellen, in die die Flächeneinfalldosen als X- und die am Ort der Gonaden gemessenen Dosen als Y-Werte eingetragen sind und zwar mit den diesen zukommenden Häufigkeitszahlen.Jede Häufigkeitszahl im Verteilungsfeld gibt an, wie oft ein bestimmter X-Wert (Flächeneinfalldosis) mit einem bestimmten Y-Wert (in mR gemessene Ortsdosis) als Meßergebnis verbunden ist. Das Wesen der sogenannten korrelativen Verbundenheit besteht nun gerade darin, daß einem bestimmten X-Wert nicht nur ein einziger Y-Wert, wie bei einem funktionalen Zusammenhang zugeordnet ist, sondern daß einem X-Wert stets mehre-

re Y-Werte entsprechen. Allerdings ist die Verteilung dieser Vielzahl von Y-Werten dann sozusagen X-wertgebunden und wird in ihren Charakteristiken (Mittelwert, Streuung) nur durch den zugehörigen X-Wert bestimmt. Das Gleiche gilt für einen bestimmten Y-Wert, wenn man die Y-Reihe als freie Variable nimmt und ihre Werte bestimmten X-Werten zuordnet.

Auch unsere Tabellen am Schluß der Arbeit lassen eindeutig diese wesentlichen Merkmale von Korrelationstabellen erkennen. Aus jeder dieser 11 Tabellen ist auf den ersten Blick bereits zu ersehen, daß die Flächeneinfalldosen eng mit den jeweils am Ort der Gonaden gemessenen Dosen korreliert sind. Ein objektiver Beweis für die enge Verbundenheit dieser Werte sind die von uns an Hand der Häufigkeitsverteilungen errechneten Korrelationsverhältnisse (E. W e b e r 1935). Für jede Tabelle sind diese Werte (ϱ_{xy} und ϱ_{yx}) so ausgefallen, daß man von einer engen Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis, gemessen mit dem Diagnostikdosiszähler, und der am Ort der Gonaden in mR mit Kondensatorzylinderkammern ermittelten Dosis sprechen kann. Diese Verhältnisse geben den Grad der Verbundenheit der Variablen X und Y auch bei beliebig gestalteten Abhängigkeiten einen zahlenmäßigen Ausdruck. Ein geringer Unterschied zwischen den beiden Werten ϱ_{xy} und ϱ_{yx} einer Tabelle spricht für Geradlinigkeit der Regression, mit anderen Worten, man könnte für die Tabellen IV, VII, VIII, IX und X auch den sogenannten Korrelationskoeffizienten als sinnvolles Maß der Verbundenheit von X und Y errechnen und dann mit Hilfe dieses Koeffizienten in Zahlen ausdrücken, um wieviele mR die Gonadendosis zunimmt, wenn die Flächeneinfalldosis um 1 R x cm^2 ansteigt. Doch für unser Vorhaben, den Nachweis zu erbringen, daß ein Zusammenhang zwischen Gonadendosis und Flächeneinfalldosis bei röntgendiagnostischen Untersuchungen im Bereich des weiblichen Unterleibes besteht, reicht die Berechnung des Korrelationsverhältnisses aus. Alle ϱ_{xy}/ ϱ_{yx} Werte-Paare weisen eindeutig für jeden daraufhin untersuchten röntgendiagnostischen Eingriff auf einen korrelativen Zusammenhang zwischen Flächeneinfalldosis und Gonadendosis hin.

Für die Praxis ist es vorteilhafter, die an Hand der Tabellen I - XI errechneten Kolonnenmittel, das heißt die für einen bestimmten Flächeneinfalldosisbereich gültigen Gonadendosismittel-

werte in doppelt logarithmische Raster einzutragen, wie wir das in den Diagrammen 1 - 8 getan haben.

Sehen wir uns diese Diagramme, die die Abhängigkeit der Gonadendosis von der Flächeneinfalldosis, gültig für die verschiedenen röntgendiagnostischen Untersuchungen im Bereich des weiblichen Unterleibes wiedergeben, genauer an, so fällt auf, daß bei manchen die Gonadendosismittelwerte sich ideal auf einer Geraden anordnen (1/II, 2/IV, 6/ IX), bei anderen nahezu ideal einem definierten Kurvenzug folgen (4,5), wobei darauf hingewiesen werden muß, daß die höheren Klassen schwächer besetzt sind. Daraus ergibt sich, daß der Kurvenverlauf in diesen Bereichen weniger eindeutig festgelegt ist.

Damit kann man aber an Hand der von uns wiedergegebenen Diagramme 1 - 8 für jeden diagnostischen Eingriff leicht und rasch die eingestrahlte Gonadendosis ermitteln. Dies hat für die Praxis eine große Bedeutung. Nicht selten wollen die Patientinnen und auch der überweisende Arzt wissen, wie hoch die Strahlenbelastung der Gonaden bei Schwangerschaftsaufnahmen, Salpingographien, i.v. Pyelogrammen,überhaupt bei allen röntgendiagnostischen Untersuchungen im Bereich des weiblichen Unterleibes ist.

Diese so abgelesene Dosisbelastung ist aber mit einer gewissen Streuung behaftet. Es ist jedoch zweifellos besser,der fragenden Patientin einen Mittelwert anzugeben, als überhaupt nicht sagen zu können, wie hoch die Dosisbelastung ist, wenn man nicht erst eine im Routinebetrieb umständliche und zeitraubende Direktmessung machen will. Außerdem kann es unter Umständen bei möglichen Schadenersatzansprüchen von Seiten einer Patientin für den betroffenen Arzt nur von Vorteil sein, wenn er Aufzeichnungen über die benötigte Strahlendosis vorweisen kann. Gutachter und Richter werden sich dann wesentlich leichter tun, ein den Gegebenheiten gerechtwerdendes Urteil zu finden. (S t i e v e : Kolloquium über Probleme der Diagnostikdosiszählung, München, 13.12.66). Schließlich und endlich könnte in der Zukunft der Diagnostik-Dosiszähler noch ein brauchbares Instrument für die experimentelle Humangenetik und Populationsgenetik werden, wenn er allgemein eingeführt würde und ein Aufzeichnungszwang bestünde.

Abschließend darf noch darauf hingewiesen werden, daß die in den Tabellen I - XI zusammengestellten und in den Diagrammen 1 - 8 ausgewerteten Meßergebnisse interessante Rückschlüsse auf den im röntgendiagnostischen Routinebetrieb zu handhabenden Strahlenschutz gegenüber dem Patienten zulassen.

7. Diskussion

In erster Linie zeigen die Meßergebnisse, daß auch in der Diagnostik die Patientin mitunter erheblich strahlenbelastet werden kann. Es werden doch gerade bei der Salpingographie im Maximum bis zu 1,35 R an den Gonaden gemessen. Wenn man bedenkt, daß dieser Eingriff gerade bei Frauen, die noch schwanger werden wollen, gar nicht so selten durchgeführt wird, so muß uns die Tatsache der damit verbundenen hohen Dosisbelastung der Generationsorgane zu besonderer Vorsicht mahnen, was Indikationsstellung und Durchführung anlangt. Die Salpingographie soll deshalb nur nach strenger Indikation durchgeführt werden und dann nur mit einer Technik, die den derzeit größtmöglichen Strahlenschutz gewährleistet. Man kann in diesem Zusammenhang dem bekannten Schweizer Gynäkologen K o l l e r nur zustimmen, wenn dieser bereits vor Jahren schon gesagt hat, daß es ein Kunstfehler sei, eine Salpingographie ohne Bildverstärker vorzunehmen, mit dem die Durchleuchtungsdosis unter sonst gleichen Bedingungen auf etwa ein Drittel reduziert werden kann.

Daneben gibt es auch noch andere Möglichkeiten der Dosiseinsparung am Patienten, wie zum Beispiel rasches Arbeiten, enge Feldeinblendung, hochverstärkende Folien, empfindliche Filme, sowie Hartstrahltechnik.

Daß gerade auch die Hartstrahltechnik einiges an Dosiseinsparung bringt, lassen die Tabellen I - III, sowie die Diagramme 1 und 2 erkennen. Die Gonadendosis liegt bei im a.p. Strahlengang wie auch im seitlichen Strahlengang angefertigten Schwangerschaftsaufnahmen bei einer Aufnahmespannung von 8o KV gegenüber einer solchen von 125 KV vor allem in den höheren Belastungsbereichen um 7o - 8o mR bzw. um 15o - 2oo mR höher.

Röntgenpapier für Schwangerschaftsaufnahmen oder auch für andere Aufnahmen im Bereich des weiblichen Unterleibes sollten sich ebenfalls aus Gründen des Strahlenschutzes von selbst verbieten. In diesem Bereich dürfte man nur mit hochempfindlichen Filmen arbeiten und mit Verstärkerfolien, die bei optimaler Zeichnung maximale Verstärkung bringen. Gerade in jüngster Zeit wurden auf dem Gebiet der Verstärkerfolien erstaunliche Fortschritte gemacht. Man hat heute Folien, die bei besserer Wiedergabe der Feinstruktur etwa 3 x mehr verstärken als Folien, die bis vor kurzem noch als gut verstärkend galten.

Werden nun alle für eine sinnvolle Strahleneinsparung zur Verfügung stehenden Techniken in der Praxis eingesetzt und benutzt, so kann man mit einem vertretbaren Minimum an Strahlenbelastung auch im Bereich des weiblichen Beckens und Unterleibes alle notwendigen röntgendiagnostischen Untersuchungen vornehmen.

Unsere Untersuchungen und Messungen haben nun gezeigt, daß mit Hilfe des Diagnostik-Dosiszählers relativ einfach Durchschnittswerte der Strahlenbelastung bestimmter Körperregionen zu gewinnen sind, so daß man annehmen kann, daß grundsätzlich bei allen röntgendiagnostischen Untersuchungen jeweils die Strahlenbelastung der dabei betroffenen und interessierenden Körperregionen auf ähnliche Weise festgestellt werden kann. Diese Annahme wird noch gestützt durch die bereits früher durchgeführten Untersuchungen von S e i d l , der für die Magen-Darm-Diagnostik einen Zusammenhang zwischen benötigter und mit dem Diagnostik-Dosiszähler gemessener Dosis, sowie der dabei an den Gonaden absorbierten Dosis festgestellt hat. Wie jedoch die zahlenmäßigen Zusammenhänge zwischen zugestrahlter und mit dem Diagnostik-Dosiszähler gemessener Dosis einerseits, sowie an bestimmten Orten im Körper absorbierter Dosis andererseits sind, läßt sich nur durch hinreichend viele Messungen am Patienten und, wo dies nicht möglich ist, ersatzweise an wirklichkeitsgetreuen Phantomen sagen. Erst nach Durchführung solcher Messungen auf breiter Basis könnte man den Diagnostik-Dosiszähler ganz allgemein auch als Gerät zur Ermittlung wenigstens von Durchschnittswerten der an bestimmten Körperstellen bei verschiedenen röntgendiagnostischen Untersuchungen absorbierten und damit biologisch zur Wirkung gekommenen Dosis verwenden.

Zusammenfassung:

Bei 519 Patientinnen wurden bei geburtshilflich-gynäkologischen Röntgenuntersuchungen mit Hilfe eines Diagnostik-Dosiszählers die für jede Untersuchung erforderliche Flächeneinfalldosis und gleichzeitig mit einer im kleinen Becken etwa in der Nähe der Gonaden liegenden Kondensatorkammer die in dieser Gegend absorbierte Dosis ermittelt. Dabei ergab sich, daß ein stochastischer Zusammenhang zwischen der in R x cm^2 gemessenen Flächeneinfalldosis und der am Ort der Gonaden bzw. deren Umgebung gemessenen Dosis in mR besteht. An Hand von Korrelationstabellen wird das Korrelationsverhältnis ϱ_{xy} bzw. ϱ_{yx} berechnet, das in allen Fällen für einen engen Zusammenhang zwischen diesen Werten spricht. Es werden Diagramme angegeben, aus denen auch im Routinebetrieb rasch und ohne zusätzliche Arbeitsbelastung die bei jeder Röntgenuntersuchung verabreichten Gonadendosis abgeschätzt werden kann.

Tabelle I

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei Schwangerschaftsaufnahmen a.p. mit 8o kV

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2											
	1ᵒᵒ	ᵒᵒ	8ᵒ	1oᵒᵒ	12ᵒᵒ	14ᵒᵒ	16ᵒᵒ	18ᵒᵒ	2ᵒᵒ	3ᵒᵒ	34ᵒᵒ	36ᵒᵒ	
2o	3				1								4
6o	4	3	4	2	1		1						15
1oo	1	3	5	3		2							14
14o			3		4								7
18o					1		1	1			1		4
22o													
26o													
3oo													
34o													
S	8	6	12	5	7	2	2	1			1		44
Mk	5o	8o	96,7	84	117,2	1oo	12o	18o			18o		

MX = 927,27 Rx cm^2 My = 92,72 mR

σ_x = 5,24 σ_y = 44

ϱ_{xy} = o,53 ϱ_{yx} = o,72

Tabelle II

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der imGebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei seitlichen Schwangerschaftsaufnahmen mit 8o KV

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2							
	3oo	9oo	15oo	21oo	27oo	33oo	39oo	
12o	1	2						3
2oo		4						4
28o			1	1		1		3
36o		3	2	1	1	1	1	9
44o					1	1		2
52o		1	1					2
6oo				1		1	1	3
s	1	1o	4	3	2	4	2	26
Mk	12o	264	38o	414	4oo	42o	48o	

Mx = 1846,14 My = 344,64

σx = 1o61,4 σy = 141.6

ϱxy = o,75 ϱyx = o,62

Tabelle III

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei seitlichen Schwangerschaftsaufnahmen mit 125 KV

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2											
	15o	45o	75o	1o5o	135o	165o	195o	225o	255o	285o	315o	345o	375o	
2o	1													1
6o	1	2												3
1oo	1	2	2											5
14o	1	4	1											6
18o	1	1o	2											13
22o		2	2		1									5
26o			1											1
3oo														
34o									1					1
S	5	2o	8		1				1					35
MK	1oo	156	175		22o				34o					

Mx = 561,42 R x cm^2 My = 167,43 mR

σx = 411 σy = 64

ϱxy = o,35 ϱyx = o,46

Tabelle IV

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei Schwangerschaftsaufnahmen a.p. und seitlich mit 8o KV

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2							
	3oo	9oo	15oo	21oo	27oo	33oo	39oo	
4o	11	6	2	1				2o
12o	4	13	6					23
2oo		4	1	3			1	9
28o			1			1		2
36o		3	2	1	1	1	1	9
44o					1	1		2
52o		1	1	1				3
6oo				1		1	1	3
S	15	27	13	7	2	4	3	71
Mk	61,15	155,5	2o3,85	3o4,5	4oo	42o	396,7	

Mx = 1314,46 R x cm^2 My = 188,72 mR

σx = 952,8 σy = 158,4

ϱxy = o,72 ϱyx = o,67

Tabelle V

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei Schwangerschaftsaufnahmen a.p. und seitlich mit 125 KV

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2											
	150	450	750	1050	1350	1650	1950	2250	2550	2850	3150	3450
200	4											4
600	6	4	1									11
1000	2	3	2									7
1400	1	5	1									7
1800	1	1o	2									13
2200		2	2		1							5
2600			1									1
3000												
3400									1			1
S	14	24	9		1				1			49
Mk	68,6	145	162,3		2200				3400			

Mx = 480,6 R x cm^2 My = 131,84 mR

σ_x = 343,2 σ_y = 67,1

ϱ_{xy} = 0,98 ϱ_{yx} = 0,74

Tabelle VI

Korrelation zwischen FlächeneinfaLldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei a.p. und seitl. Schwangerschaftsaufnahmen mit 8o und 125 KV

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2							
	3oo	9oo	15oo	21oo	27oo	33oo	39oo	
4o	25	7	2	1				35
12o	15	16	6					37
2oo	13	8	2	3			1	27
28o		1	1			1		3
36o		3	2	1	2	1		9
44o					1	1	1	3
52o		1	1	1				3
6oo				1		1	1	3
S	53	36	14	7	3	4	3	12o
MK	1o4	157,8	194,29	257,2	388,87	42o	413,4	

Mx = 975 R x cm^2 My = 166,72 mR

σx = 881,4 σy = 132,76

ϱxy = o,72 ϱyx = o,61

Tabelle VII

Korrelation zwischen Flächeneinfälldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei Salpingographie mit 9o/13o KV

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis in R x cm^2						
	5o	15o	25o	35o	45o	55o	65o	
5o	5	1						6
15o	5	2						7
25o	1	2						3
35o		1	1					2
45o	1	1	1					3
55o		1	2					3
65o		2	1					3
75o			1	1				2
85o		2	1					3
95o			1	1	1			3
1o5o			2					2
115o					1			1
125o								
135o							1	1
S	12	12	1o	2	2		1	39
MK	141,7	433,3	72o	85o	1o5o		135o	

Mx = 183,34 R x cm^2 My = 493,59 mR

σx = 15o,9 σy = 368

Tabelle VIII

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei Beckenaufnahmen bei der Frau

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2									
	15o	45o	75o	105o	135o	165o	195o	225o	255o	285o
1o										
3o	3									3
5o	8	4								12
7o	3	6	1	1						11
9o		8	2			1				11
11o			2	1	1					4
13o		2	2		1	1		1		7
15o			4							4
17o				2						2
19o							1			1
21o					1					1
S	14	2o	11	4	3	2	1	1		56
MK	5o	8o	12o,9	13o	15o	11o	19o	13o		

Mx = 627, R x cm^2 My = 91,78 mR

σx = 476,1 σy = 41,8

ρxy = o,78 ρyx = o,81

Tabelle IX

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei LWS-Aufnahmen a.p. und seitlich bei der Frau

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in r x cm^2												
	15o	45o	75o	1o5o	135o	165o	195o	225o	255o	285o	315o	345o	
1o	2	6	1										9
3o	1	8	9	5	6	1	2						32
5o	1	2	2	2	3			1					11
7o		1	3	3	2		1	1					11
9o			2	2	3	2	1		1				11
11o			1	4	1	3	1						1o
13o			2	2				1					5
15o					3	1							4
17o												1	1
19o				1	1	1		1					4
21o													
23o													
25o													
27o													
29o													
31o								1			1		2
S	4	17	2o	19	19	8	5	5	1		1	1	1oo
Mk	25	27,65	57	8o,5	78,43	11o	66	15o	9o		31o	24p	

Mx = 1122 R x cm^2 My = 72,6 mR

σ_x = 624 σ_Y = 57,8

Tabelle X

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei Becken- und LWS-Aufnahmen a.p. und seitlich bei der Frau

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2											
	15o	45o	75o	1o5o	135o	165o	195o	225o	255o	285o	315o	345o
11o			2		3							5
13o				1				1				2
15o			1	1		1	1					4
17o					2	1		1				4
19o					1							1
21o					1				1	1		3
23o								1			1	2
25o										1		1
27o												
29o												
31o							1					1
S			3	2	7	2	2	3	1	2	1	23
Mk			123,4	14o	152,9	16o	23o	176,7	21o	23o	23o	

Mx = 1793,4 R xcm^2 My = 17o,88 mR

σ_x = 672,6 σ_y = 51,4

ϱ_{xy} = o,74 ϱ_{yx} = o,68

Tabelle XI

Korrelation zwischen Flächeneinfalldosis in R x cm^2 und der im Gebiet der Gonaden gemessenen Dosis in mR bei i.v.Pyelogrammen bei der Frau

Gemessene Dosis Y in mR	Dosis X in R x cm^2														
	15o	45o	75o	1o5o	135o	165o	195o	225o	255o	285o	315o	345o	435o	465o	
2o	2	1	1												4
6o	13	19	11			1	2								46
1oo	4	25	14	14	2		1		2						62
14o	2	6	1o	9	6	5				1		1			4o
18o	1	2	2	2		1	2	1		1					12
22o				2	1	3		1		2				1	1o
26o				1			1	1					- 1		4
3oo						1				1					2
34o															
38o															
42o															
46o															
5oo															
54o											1				1
S	22	53	38	28	9	11	6	3	2	5	1	1	1	1	181
Mk	76,36	91,7	1o1	132,9	14o	172,7	14o	22o	1oo	212	54o	14o	26o	22o	

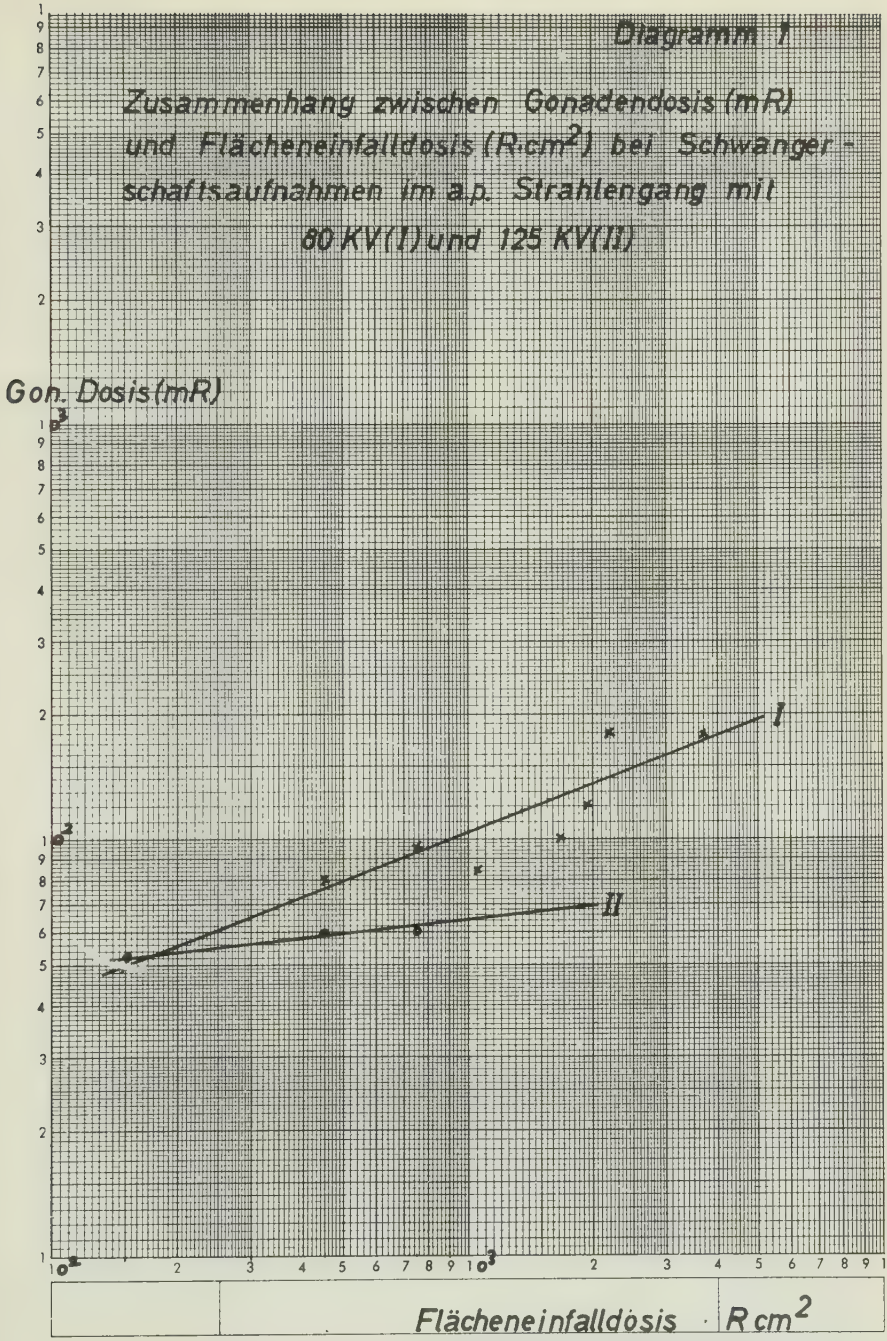
Mx = 932,34 R x cm^2 My = 117,o4 mR

σ_x = 765 σ_y = 62,48

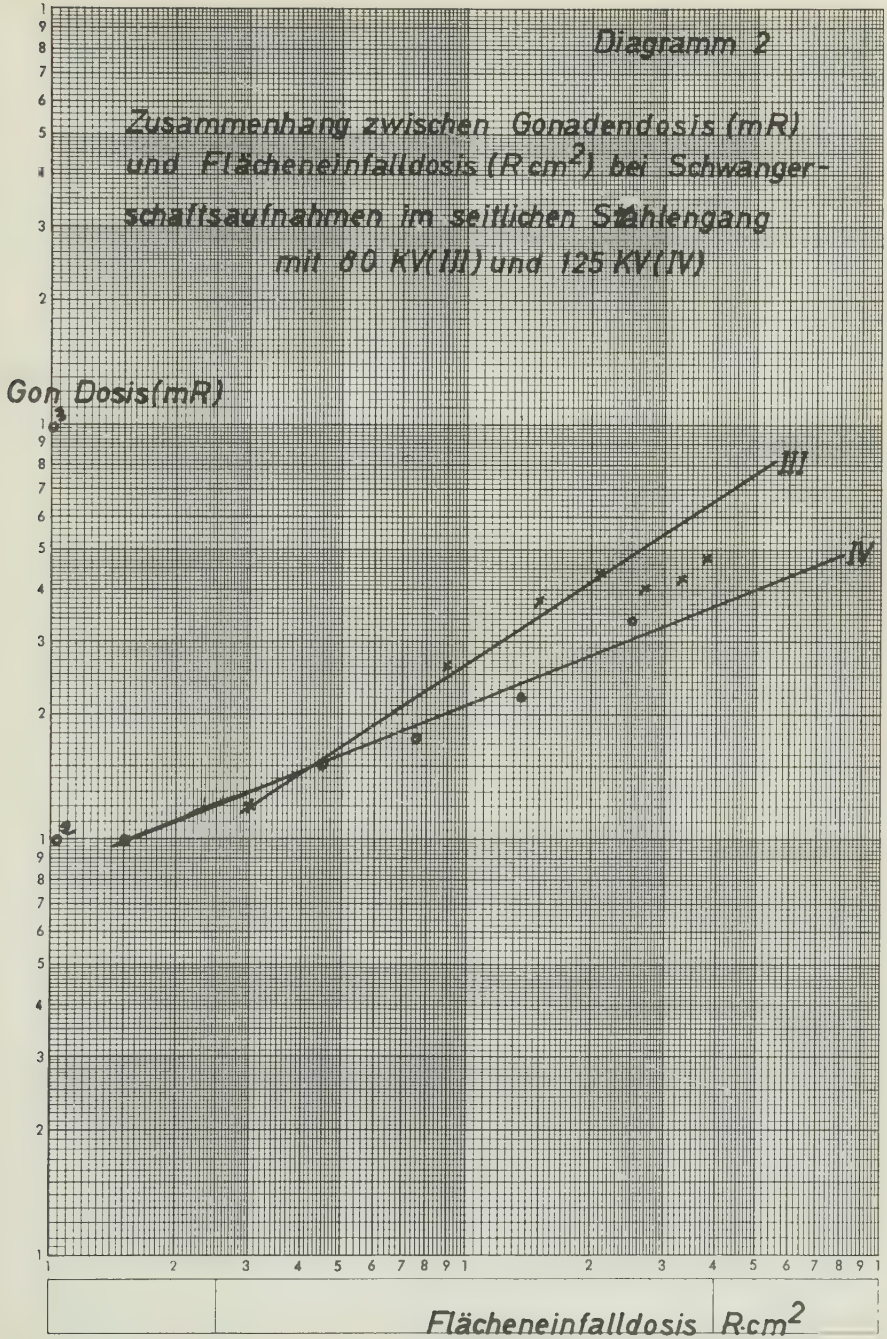
ϱ_{xy} = o,64 ϱ_{yx} = o,77

Diagramm 1

Zusammenhang zwischen Gonadendosis (mR) und Flächeneinfalldosis ($R \cdot cm^2$) bei Schwangerschaftsaufnahmen im a.p. Strahlengang mit 80 KV(I) und 125 KV(II)



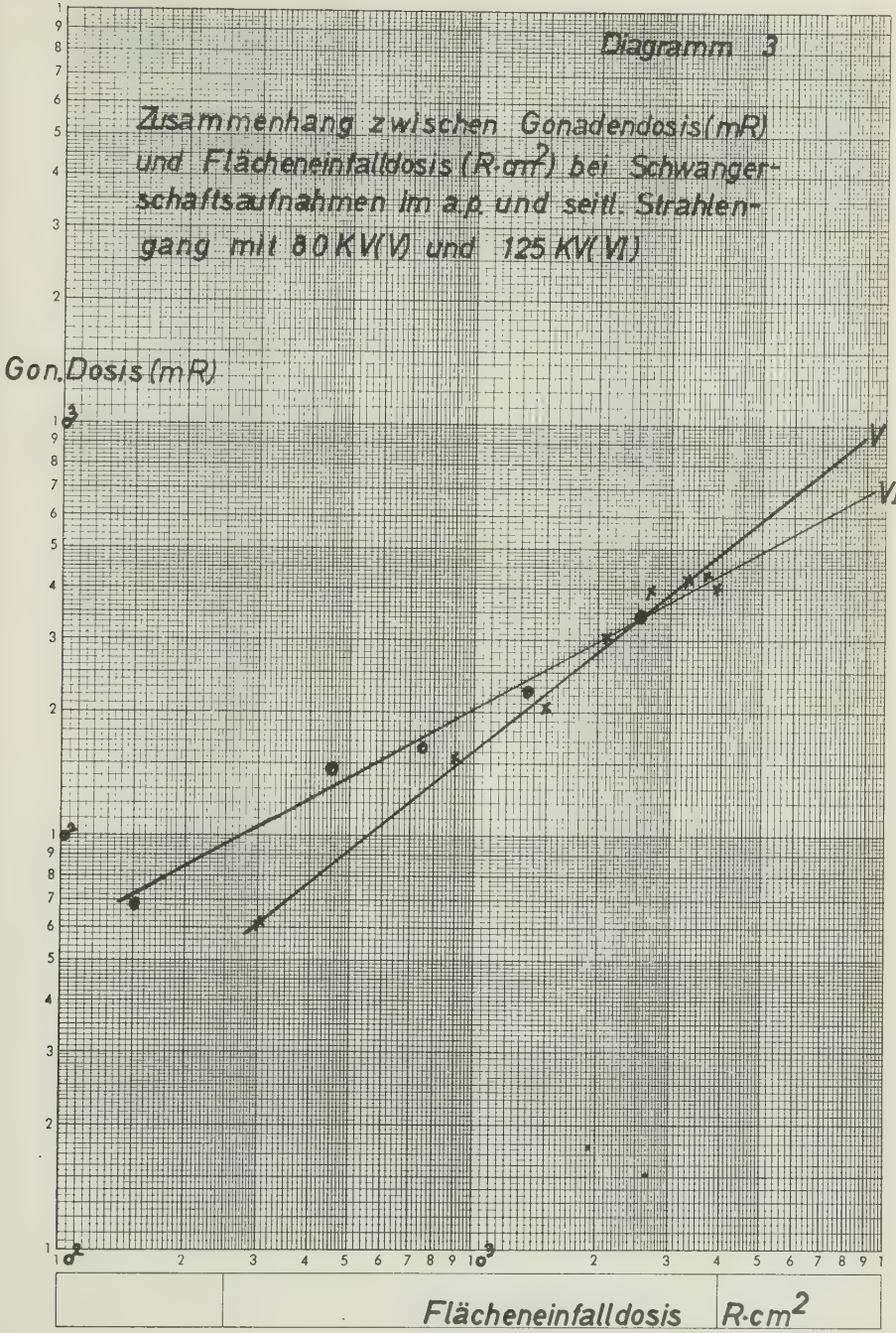
Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 90 mm



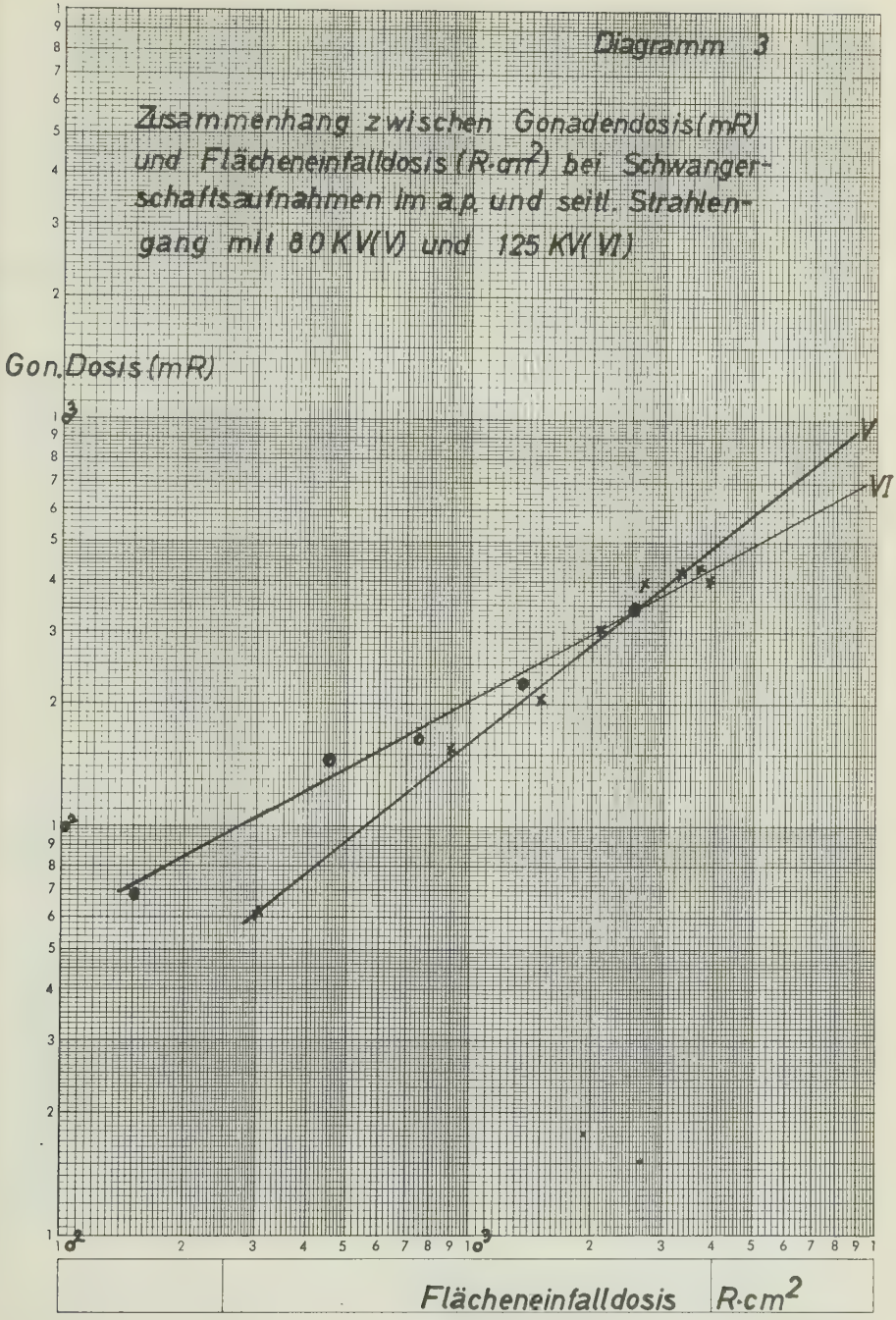
Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 90 mm

Diagramm 3

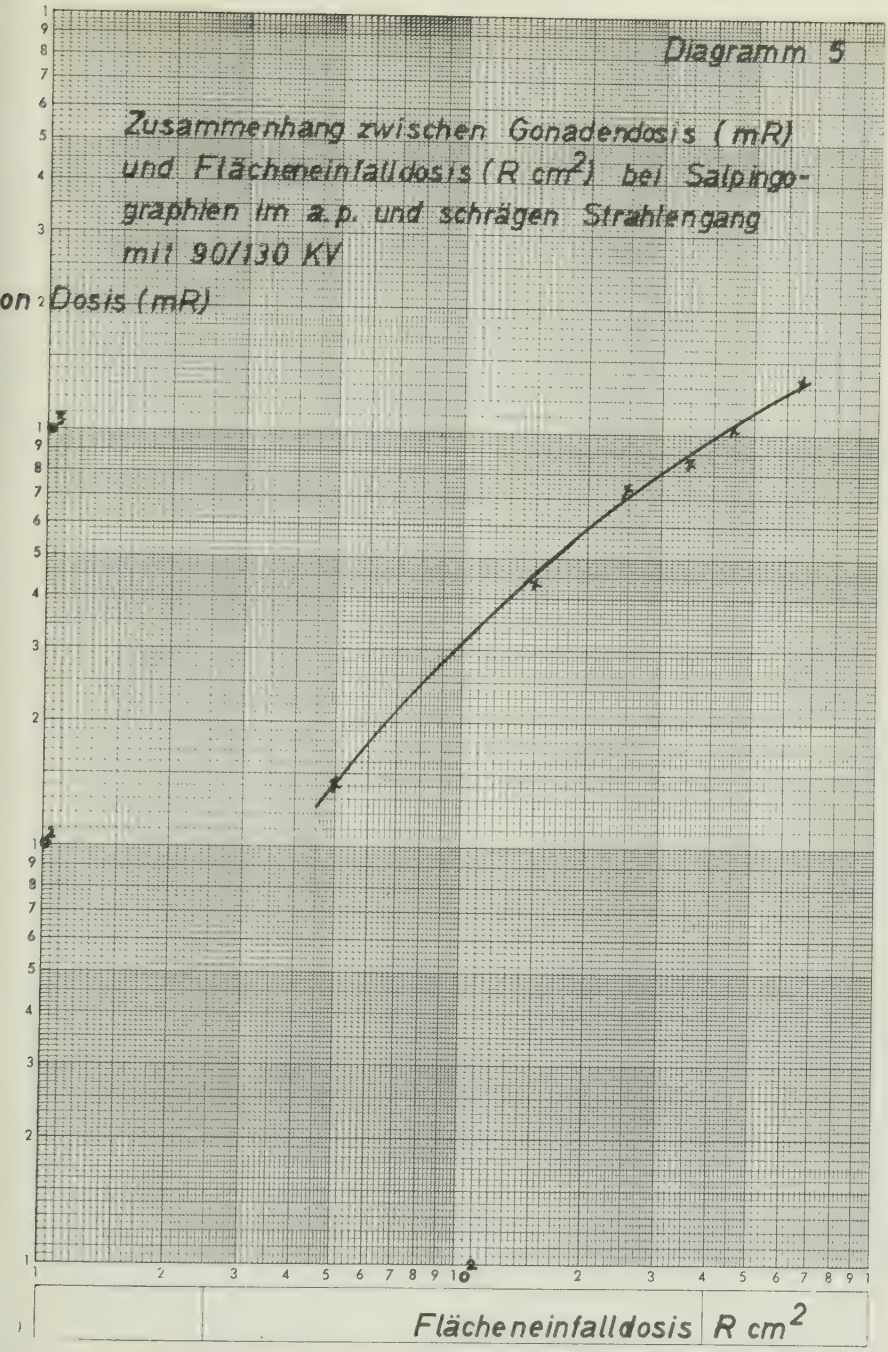
Zusammenhang zwischen Gonadendosis (mR) und Flächeneinfalldosis ($R \cdot cm^2$) bei Schwangerschaftsaufnahmen im a.p. und seitl. Strahlengang mit 80 KV (V) und 125 KV (VI)



Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 90 mm



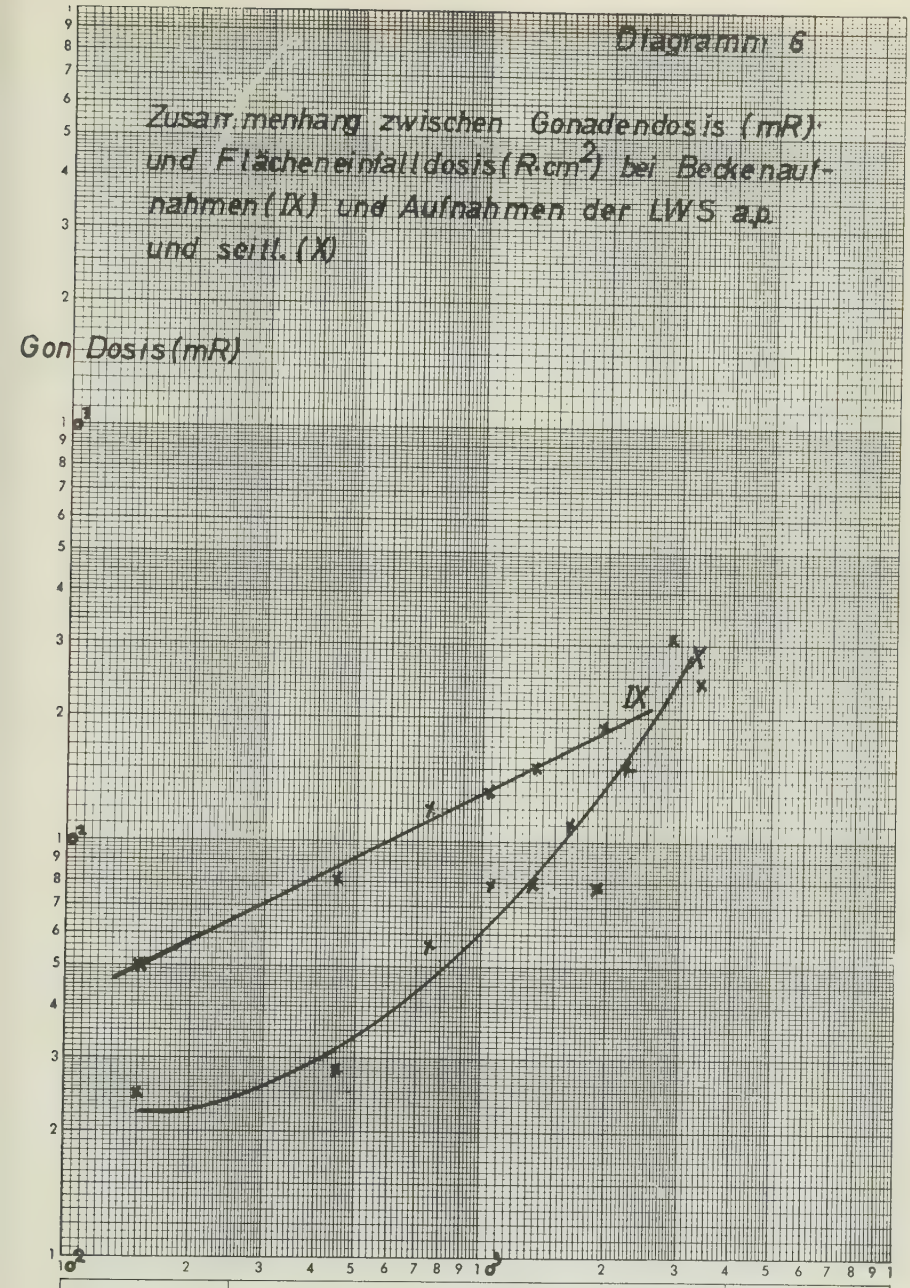
Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 90 mm



Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 90 mm

Diagramm 6

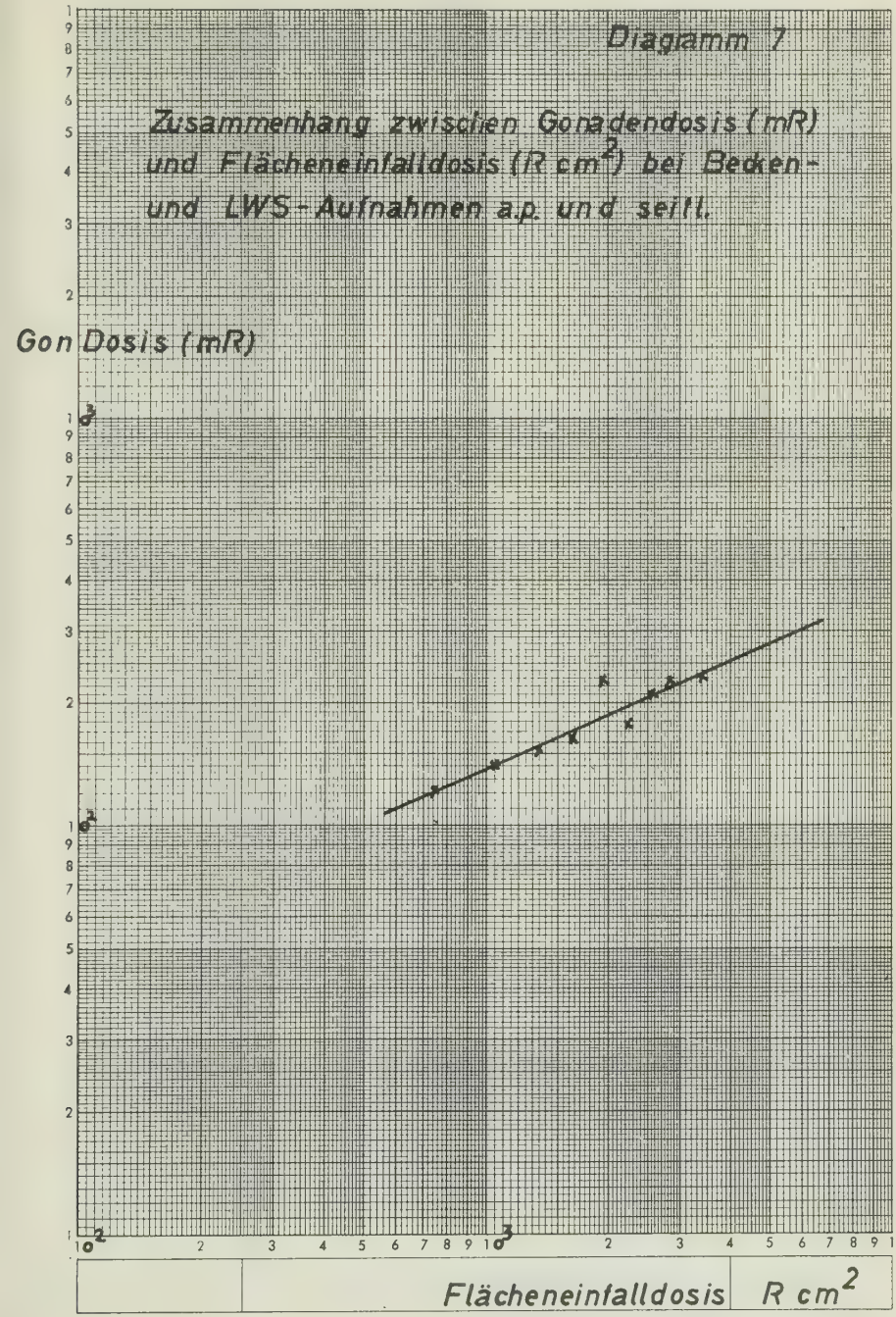
Zusammenhang zwischen Gonadendosis (mR) und Flächeneinfalldosis ($R \cdot cm^2$) bei Beckenaufnahmen (IX) und Aufnahmen der LWS a.p. und seitl. (X)



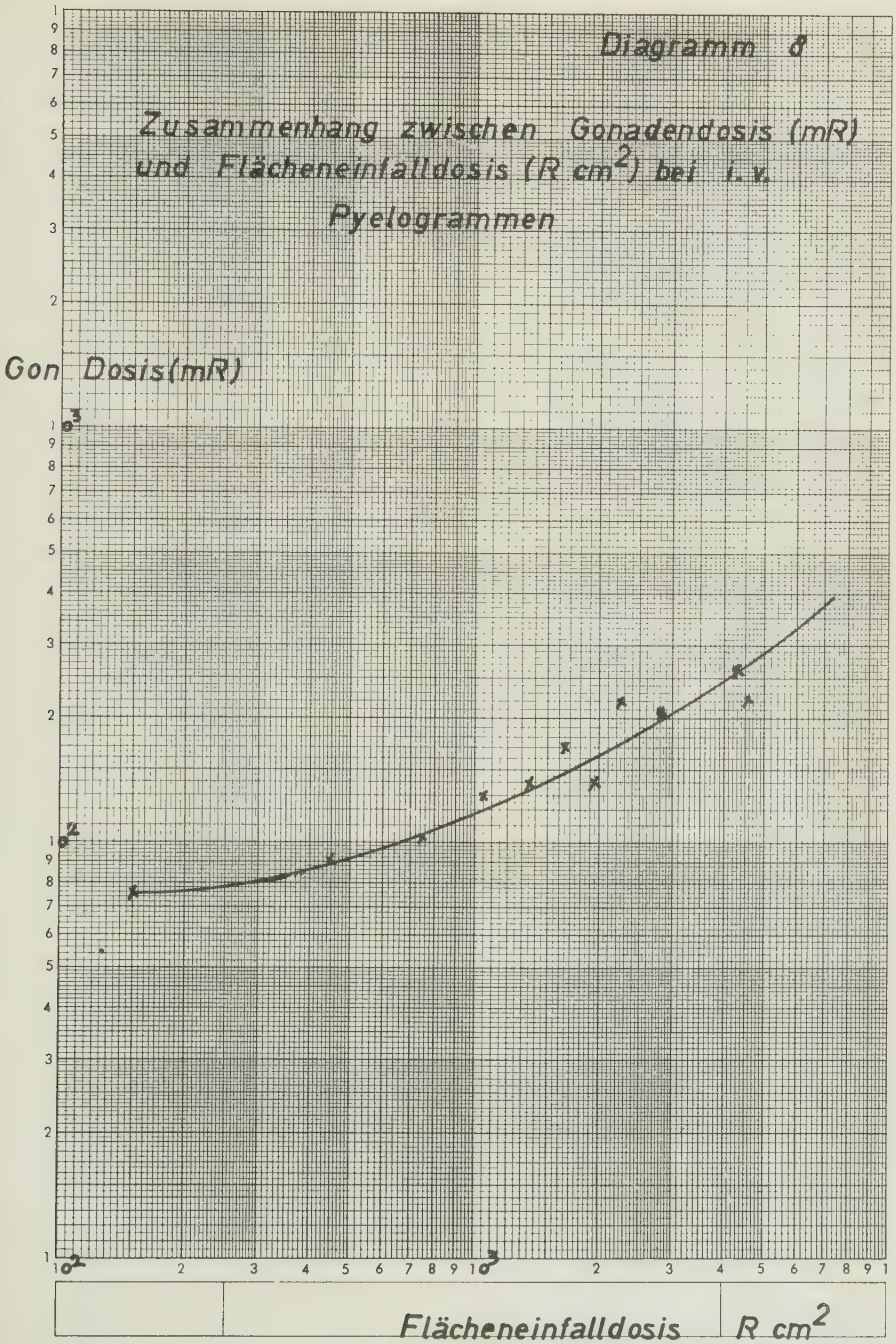
Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 90 mm

Diagramm 7

Zusammenhang zwischen Gonadendosis (mR) und Flächeneinfalldosis (R cm^2) bei Becken- und LWS-Aufnahmen a.p. und seitl.



Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 90 mm



Beide Achsen logar. geteilt, 1 bis 1000 u. 1 bis 100, Einheit 90 mm

Literaturverzeichnis:

Bardeen, C.R.	Exp. Zool. 4/1 - 44 (19o7)
Feddema, J. und Oosterkamp, W.J.	Modern Trends in diagnostic Radiology, London 1953
Fritz-Niggli, H.	Die experimentellen Grundlagen zur Schätzung der Strahlengefährdung der menschlichen Erbmasse, Fortschr. Röntgenstr. 87, S. 427 (1957)
Koller, Th. und Zürcher, W.O.	Röntgen-Praxis, XVII März 1964, Nr. 3, S. 5o Die röntgenologische Untersuchung der weiblichen Genitalorgane mittels Kolpo-, Hystero- und Hysterosalpingographie.
Neboschew,A. und Schott, O.	Röntgenblätter 1959 Heft 8, 244
Pychlau, P. und Arnal, M.L.	Vortrag am 25.Juli 1959 auf dem IX. I.C.R. in München
Pychlau, P.	Ärztliche Forschung 1962 Heft 5, S. I/247 - II/258
Reinsma, Ir.K.	Vortrag am 25. Juli 1959 auf dem IX I.C.R. in München
Russel, W.L. und Russel, L.B.	Intern. conf.on the peaceful uses of atomic energie, a.-conf. 15/p. 897, USA Juni 1958
Schinzl, A.	Vortrag im Juli 1965 in Erlangen bei der Medizinischen Gesellschaft, Strahlen wirkungen und Gefahren, insbesondere in der Schwangerschaft.
Seidl, E.	Inaugural-Dissertation, Erlangen 1961: Über eine Methode zur raschen Ermittlung der Gonadendosis im röntgendiagnotischen Routine betrieb.
Stieve, F.E.	Kolloquium über Probleme der Diagnostikdosiszählung, München, 13.12.1966
Weber, E.	Variations- und Erblichkeits Statistik, München 1935
Zieler, E.	Fortschr. Röntgenstr.,92, S. 2, 196o, 94, S 214, 196o

Herrn Prof. D. J. Weishaar darf ich für die Überlassung des Themas sowie die Erstattung des Referats und die Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit meinen ergebensten Dank aussprechen.

Herrn Prof. Dr. K.G. Ober danke ich vielmals für die Übernahme des Korreferates.

Herrn Chefarzt Dr. med. A.Siegert, Amberg und Herrn Dr. phil. A. Reuß, Erlangen möchte ich für die Überwachung der Arbeit und die dabei gegebenen Anregungen meinen herzlichsten Dank sagen.

Lebenslauf

Am 25. April 1941 wurde ich in Hirschau als Sohn des praktischen Arztes Dr. Georg Dausch geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volkschule in Hirschau trat ich in das Humanistische Gymnasium Amberg ein, wo ich im Juli 1960 das Reifezeugnis erhielt. Das Medizinstudium begann ich im Wintersemester 1960 an der Universität Erlangen - Nürnberg und legte dort im März 1963 die ärztliche Vorprüfung ab. Nach weiteren sechs Semestern an der gleichen Universität bestand ich im Oktober 1966 das medizinische Staatsexamen und bin zur Zeit im Städtischen Marienkrankenhaus Amberg als Medizinalassistent tätig.